

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/007180

International filing date: 13 April 2005 (13.04.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-118348
Filing date: 13 April 2004 (13.04.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 02 June 2005 (02.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2004年 4月13日

出願番号 Application Number: 特願2004-118348

パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号

The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is

出願人 Applicant(s): 住友電工ハードメタル株式会社

J P 2004-118348

2005年 5月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 10410022
【提出日】 平成16年 4月13日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B23B 51/00
B27C 3/00
C23C 14/06
C23C 16/30

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
【氏名】 沖田 淳也

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
【氏名】 岡田 吉生

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
【氏名】 福井 治世

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
【氏名】 大森 直也

【特許出願人】
【識別番号】 503212652
【氏名又は名称】 住友電工ハードメタル株式会社

【代理人】
【識別番号】 100100147
【弁理士】 山野 宏
【氏名又は名称】

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 056188
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0313726

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

基材表面の切削に関与する部位に被覆層を具える表面被覆エンドミルにおいて、前記被覆層は、基材上に形成される内層と、この内層上に形成される最外層とからなり、

前記内層は、

アスペクト比3以上の柱状組織を有し、結晶の(220)面、(311)面、(422)面の各配向性指数TC(220)、TC(311)、TC(422)のいずれかが配向性指数の最大値をとるTiCNからなるチタン含有層を具え、

前記最外層は、

窒化アルミニウム又は炭窒化アルミニウムからなり、最外層中に塩素を0超0.5原子%以下含有することを特徴とする表面被覆エンドミル。

【請求項 2】

最外層は、更に酸素を含有することを特徴とする請求項1に記載の表面被覆エンドミル。

【請求項 3】

更に、内層には、周期律表IVa、Va、Vla族金属、Al、Si、Bから選ばれる1種以上的第一元素と、B、C、N、Oから選ばれる1種以上の第二元素とからなる化合物層を具えることを特徴とする請求項1又は2に記載の表面被覆エンドミル。

但し、化合物層は、チタン含有層と異なる層とする。また、第一元素がBのみの場合、第二元素は、B以外とする。

【請求項 4】

最外層の膜厚は、内層の合計膜厚の1/2以下であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の表面被覆エンドミル。

【請求項 5】

最外層の膜厚は、0.03μm以上8μm以下、被覆層全体の膜厚は、0.1μm以上24μm以下であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の表面被覆エンドミル。

【請求項 6】

最外層において、刃先稜線部分近傍で被削材と接触する箇所の面粗さが、切削工具断面から観察する方法で測定される5μmに対してR_{max}で1.3μm以下であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の表面被覆エンドミル。

【請求項 7】

基材のうち、切削に関与する部位は、WC基超硬合金、サーメット、高速度鋼、及び立方晶型窒化硼焼結体のいずれかから構成されることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の表面被覆エンドミル。

【請求項 8】

基材表面の切削に関与する部位に被覆層を具える表面被覆ドリルにおいて、

前記被覆層は、基材上に形成される内層と、この内層上に形成される最外層とからなり、

前記内層は、

アスペクト比3以上の柱状組織を有し、結晶の(220)面、(311)面、(422)面の各配向性指数TC(220)、TC(311)、TC(422)のいずれかが配向性指数の最大値をとるTiCNからなるチタン含有層を具え、

前記最外層は、

窒化アルミニウム又は炭窒化アルミニウムからなり、最外層中に塩素を0超0.5原子%以下含有することを特徴とする表面被覆ドリル。

【請求項 9】

最外層は、更に酸素を含有することを特徴とする請求項8に記載の表面被覆ドリル。

【請求項 10】

更に、内層には、周期律表IVa、Va、Vla族金属、Al、Si、Bから選ばれる1種以上的第一

元素と、B、C、N、Oから選ばれる1種以上の第二元素とからなる化合物層を具えることを特徴とする請求項8又は9に記載の表面被覆ドリル。

但し、化合物層は、チタン含有層と異なる層とする。また、第一元素がBのみの場合、第二元素は、B以外とする。

【請求項11】

最外層の膜厚は、内層の合計膜厚の1/2以下であることを特徴とする請求項8～10のいずれかに記載の表面被覆ドリル。

【請求項12】

最外層の膜厚は、 $0.03\mu m$ 以上 $8\mu m$ 以下、被覆層全体の膜厚は、 $0.1\mu m$ 以上 $24\mu m$ 以下であることを特徴とする請求項8～11のいずれかに記載の表面被覆ドリル。

【請求項13】

最外層において、刃先稜線部分近傍で被削材と接触する箇所の面粗さが、切削工具断面から観察する方法で測定される $5\mu m$ に対して R_{max} で $1.3\mu m$ 以下であることを特徴とする請求項8～12のいずれかに記載の表面被覆ドリル。

【請求項14】

基材のうち、切削に関与する部位は、WC基超硬合金、サーメット、高速度鋼、及び立方晶型窒化硼焼結体のいずれかから構成されることを特徴とする請求項8～13のいずれかに記載の表面被覆ドリル。

【書類名】明細書

【発明の名称】表面被覆エンドミル及び表面被覆ドリル

【技術分野】

【0001】

本発明は、基材表面に被覆層を具えるエンドミル及びドリルに関するものである。特に、優れた潤滑性を有することで切削抵抗を低下させて切屑の流出性を改善し、耐剥離性、耐摩耗性、耐折損性を向上することができる表面被覆エンドミル及び表面被覆ドリルに関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、エンドミルは、各種金属材料の肩削り加工、面削り加工、溝削り加工に用いられる切削工具であり、ドリルは、穴あけ加工に用いられる切削工具である。これらエンドミルやドリルは、刃部を有するボディと呼ばれる部位と、駆動装置に装着されるシャンクと呼ばれる部位とを具える。ボディは、刃部と、刃部を支持すると共に切屑の流出を行う溝部が形成された支持部とが一体に形成された、いわゆるソリッドタイプのもの、支持部に刃部をロウ付けしたロウ付けタイプのもの、支持部に対して刃部が着脱自在なスローアウェイタイプのものがある。従来、ソリッドタイプでは、高速度工具鋼や超硬合金にて形成したボディが用いられており、ロウ付けタイプでは、超硬合金などの硬質材料にて形成した刃部を高速度工具鋼で形成した支持部にロウ付けしたボディが用いられている。

【0003】

近年、切削加工の高能率化、高精度化の要求を満たすために、新しい切削工具材料が次々と開発されている。このような材料開発の流れの中で、工具基材の表面にセラミックスからなる被覆層を施すセラミックスコーティング技術は、旋削加工やフライス加工などに用いられるスローアウェイチップに欠かせない技術となっているだけでなく、エンドミルやドリルで多用されているソリッドタイプやロウ付けタイプの工具においても、一般的になってきてている。

【0004】

被覆層を具える切削工具として、例えば、特許文献1では、X線回折の配向性指数を規定した被覆層を具えるスローアウェイチップが開示されており、高速、高送りといった高速高能率加工に利用している。また、上記高速高能率加工に加え、最近は、地球環境保護のために切削油を極端に減らしたミスト加工法、或いは切削油を使用しないドライ加工法が注目されている。これらの加工法に対応するべく、耐溶着性に優れる被覆層や切粉すべり機能を有する被覆層を具えるスローアウェイチップや(特許文献2、3参照)、潤滑性をえるCrN膜を被覆したドリルが提案されている(特許文献4参照)。その他、放熱性などの特性を向上するべく、窒化アルミニウムからなる被覆層を具える切削工具が提案されている(特許文献5~11参照)。

【0005】

- 【特許文献1】特開平11-124672号公報
- 【特許文献2】特開平10-158861号公報
- 【特許文献3】特開2003-225808号公報
- 【特許文献4】特開2003-275911号公報
- 【特許文献5】特公昭59-27382号公報
- 【特許文献6】特許第2861113号公報
- 【特許文献7】特開2002-273607号公報
- 【特許文献8】特開2002-263933号公報
- 【特許文献9】特開2002-263941号公報
- 【特許文献10】特開2003-19604号公報
- 【特許文献11】特開2003-25112号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記従来の切削工具ではいずれも、特に、ミスト加工や切削油を用いないドライ加工において潤滑機能が不十分であるため、工具寿命が短くなってしまっており、潤滑性を向上させて、工具寿命をより長くすることが望まれている。特に、エンドミルやドリルでは、ボディに形成された溝部を通って切屑を流出するため、切屑の流出性を高めるべく、潤滑性に優れることが重要である。また、高い流出性が望まれる深穴あけ加工や、溶着が起こり易い材料の加工などを行なう際には、潤滑性に優れることが望まれる。

【0007】

そこで、本発明の主目的は、潤滑性を改善して工具寿命がより長い表面被覆エンドミル及び表面被覆ドリルを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、切削時、被削材と最初に接触する最外層に潤滑性を付与するべく、最外層の組成を規定し、特定の元素を含有させると共に、内層に耐摩耗性を付与するべく、組成、結晶構造、配向性を規定することで上記目的を達成する。

【0009】

即ち、本発明は、基材表面に被覆層を具える表面被覆エンドミルであって、前記被覆層は、基材上に形成される内層と、この内層上に形成される最外層とからなり、最外層及び内層は、以下を満たすものとする。

<内層>

以下のチタン含有層を具える。

以下の条件(1)及び(2)を満たすTiCNからなる層

(1) アスペクト比3以上の柱状組織を有する

(2) 結晶の(220)面、(311)面、(422)面の各配向性指数TC(220)、TC(311)、TC(422)のいずれかが配向性指数の最大値をとる

<最外層>

窒化アルミニウム又は炭窒化アルミニウムからなり、最外層中に塩素を0超0.5原子%以下含有する

【0010】

また、本発明は、基材表面に被覆層を具える表面被覆ドリルであって、前記被覆層は、基材上に形成される内層と、この内層上に形成される最外層とからなり、最外層及び内層は、以下を満たすものとする。

<内層>

以下のチタン含有層を具える。

以下の条件(1)及び(2)を満たすTiCNからなる層

(1) アスペクト比3以上の柱状組織を有する

(2) 結晶の(220)面、(311)面、(422)面の各配向性指数TC(220)、TC(311)、TC(422)のいずれかが配向性指数の最大値をとる

<最外層>

窒化アルミニウム又は炭窒化アルミニウムからなり、最外層中に塩素を0超0.5原子%以下含有する

【0011】

本発明者らは、ミスト加工やドライ加工、深穴あけ加工や高溶着被削材の切削加工などといった厳しい環境下となる加工であっても、工具寿命をより長くすることができるよう、被覆層の特性を改善すると共に、被覆層の相互の関連性について鋭意検討した。その結果、潤滑性に優れる被覆膜を最外層とすると共に、耐摩耗性に優れる被覆膜を内層に具えることで潤滑性と耐摩耗性とを具えることができ、工具寿命の延命に効果的であるとの知見を得た。具体的には、上記のように特定量の塩素を含む窒化系アルミニウムからなる膜を最外層とすることで、ドライ加工などといった加工であっても、潤滑性を持たせることができ、結果的に耐溶着性を向上させて、被覆層の剥離を防止することができる。また

、潤滑性に優れることで、工具に加えられる切削抵抗を低下させることができ、切屑の排出性を高め、耐折損性を向上させると共に、耐チッピング性、耐欠損性をも向上することができる。更に、特定の組織と配向性とを有する炭窒化チタン(TiCN)からなる膜を内層に具えることで、耐摩耗性を高めることができる。加えて、上記潤滑性及び耐摩耗性に優れる被覆層を具えることで、製品の品位に関しても、例えは、穴真円度が向上するなど、高品位で高精度な被削材製品を得ることができるとの知見も得た。これらの知見に基づき、本発明を規定する。

【0012】

上記のように工具寿命を向上できた理由は、現段階において以下のように考えられる。窒化系アルミニウムからなる膜は、そもそも熱的安定性と潤滑性とを有している。また、このような膜に特定量の塩素を含有させることで、切削に関与する部位、具体的には刃部及び溝部の工具表面と切屑との間の摩擦係数が低下されると考えられる。その結果、切刃近傍において、切屑の生成に必要な仕事量が低下すると共に、切屑の排出性が良好となり、ドライ加工や深穴あけ加工、高溶着性被削材の加工などといった切削加工に対しても十分な寿命が得られ、かつ被削材の品位、加工精度も向上できたと考えられる。また、特定量の塩素を含有させることで摩耗係数の低下を実現することに加えて、ドライ加工や深穴あけ加工などの刃先が高温、高圧になり易い加工において、工具表面に保護被膜を形成し易くなり、この保護被膜により、潤滑性を高めることが可能となり、工具の耐溶着性を向上させることができたと考えられる。また、内層を構成する特定のTiCNからなる膜は、高硬度であるため、耐摩耗性に優れると考えられる。以下、本発明をより詳しく説明する。

【0013】

(被覆層)

<最外層>

本発明において、切削時、被削材に最初に接触する最外層は、窒化アルミニウム又は炭窒化アルミニウムといったアルミニウム化合物からなるものとする。そして、本発明では、この窒化系アルミニウムからなる膜に塩素を含有させる。具体的には、最外層中に0超0.5原子%以下の塩素を含有させる。最外層に0.5原子%以下の塩素を含有することで、高温での切削環境下において保護被膜を形成することができ、潤滑性の向上を図ることができる。0.5原子%を超えて塩素を含むと、被覆層の強度が極端に落ち、最外層を形成する膜が容易に剥離してしまう。また、塩素を全く含有させないと、上記のように保護被膜の形成がなされない。特に好ましい塩素含有量は、0.07原子%以上0.3原子%以下である。最外層に0超0.5原子%以下の塩素を含ませる方法としては、上記窒化系アルミニウムからなる膜の形成に熱CVD法、プラズマCVD法といった化学的蒸着法(CVD法)を利用する場合、反応ガスに塩素含有ガス、例えは、塩化水素(HCl)を用いることが挙げられる。このとき、塩化水素の含有量は、反応ガス全体を100容量%として、0超5.0容量%未満、特に、1.0容量%以下とすることが挙げられる。また、窒化系アルミニウムからなる膜の形成にアーケ式イオンプレーティング法、マグネトロンスパッタ法といった物理的蒸着法(PVD法)を利用する場合、膜形成後、イオン注入法により塩素イオンを注入することが挙げられる。このとき、注入量を適宜調整することで、最外層中の塩素の含有量を調整するとよい。

【0014】

上記最外層は、更に酸素を含有していてもよい。即ち、最外層は、窒化アルミニウム、炭窒化アルミニウムだけでなく、窒酸化アルミニウム、炭窒酸化アルミニウムからなる膜としてもよい。酸素を含有させることで、保護被膜をより形成し易くなる。

【0015】

このような最外層は、その膜厚を後述する内層の合計膜厚の1/2以下とすることが好ましい。このとき、被覆層は、保護被膜の形成機能といった潤滑機能と耐摩耗性とをバランスよく具えることができる。1/2超とすると、最外層が厚くなることで、潤滑性に優れるものの摩耗し易くなるため、工具寿命を短くする恐れがある。特に、最外層の膜厚は、0.03μm以上8μm以下が好ましい。0.03μm未満では、十分な潤滑機能が得られにくく、8μm超では、上記と同様に内層よりも最外層の方が厚くなって、耐摩耗性を低下させ易い。膜

厚の測定は、例えば、被覆層を具えるエンドミル、ドリルを切断し、その断面をSEM(走査型電子顕微鏡)を用いて観察して求めることが挙げられる。

【0016】

この最外層において、刃先稜線部分近傍で被削材と接触する箇所の面粗さは、切削工具断面から観察する方法で測定される $5\mu\text{m}$ に対して R_{\max} で $1.3\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。本発明者らが調べたところ、最外層において上記接触する箇所の表面粗さが $1.3\mu\text{m}$ より粗くなると、被削材の溶着が発生し易くなり、潤滑効果が発揮しにくくなることが判った。この面粗さは、最外層成膜後、基材を切断してその断面をラッピングし、金属顕微鏡や電子顕微鏡などで膜表面の凹凸状況を基準長さ $5\mu\text{m}$ の範囲で観察した際の最大面粗さ(R_{\max})とし、巨視的なうねりなどは排除する。また、この面粗さは、成膜条件によってある程度制御することができる。例えば、成膜温度を高温にするほど、結晶組織が粗くなるため、引いては膜表面の面粗度が粗くなる。そこで、成膜温度を低めにすることが挙げられる。このように特に成膜後、特別な処理を施すことなく成膜完了状態において R_{\max} で $1.3\mu\text{m}$ 以下とすることができるが、成膜後に、例えは、バフ、ブラシ、バレルや弾性磁石などによる研磨を施したり、マイクロブラスト、ショットピーニング、イオンビーム照射による表面改質を行うことによって、面粗さを変化させることも可能である。

【0017】

〈内層〉

《チタン含有層》

本発明では、基材上に設ける内層として、TiCNからなる膜を具える。特に、このTiCNからなる膜は、アスペクト比3以上の柱状組織を有し、かつ後述するように結晶面が特定の結晶配向を有することで、刃先が高温となるような厳しい切削環境下において、耐摩耗性を向上させることができ、この知見に基づき、結晶構造、結晶配向を規定する。アスペクト比3以上の柱状組織とするのは、3未満であると、高温切削条件下での耐摩耗性が低下する傾向にあり、粒状組織では、目的とする耐摩耗性の向上が図られないからである。

【0018】

柱状組織とするには、柱状構造が得られ易い CH_3CN などの有機炭窒化物を原料ガスに用い、反応雰囲気温度(800°C 以上 950°C 以下)及び圧力(4.0kPa 以上 80kPa 以下)に制御することで得ることができる。また、有機炭窒化物以外のガス種を使用する場合などは、膜の成膜速度を上げる、膜の成膜温度を高くする、原料ガスの濃度を濃くするなどの方法が挙げられる。アスペクト比を3以上とするには、例えは、結晶の平均粒径を小さくする(好ましくは $0.05\mu\text{m}$ 以上 $1.5\mu\text{m}$ 以下)と共に、柱状構造の膜組織を成長させることができ。その方法として、チタン含有層の成膜条件(成膜温度、成膜圧力、ガス組成、ガスの流速、ガスの流量など)を適宜変更させる方法が挙げられる。また、チタン含有層の直下又は下方にある基材の表面状態、又はチタン含有層の直下又は下層にある被覆膜の表面状態を適宜変化させる方法も挙げられる。具体的には、例えは、基材の表面を表面粗さ Z_{\max} で $0.05\mu\text{m}$ 以上 $1.5\mu\text{m}$ 以下に制御させた状態でこの基材上に、成膜条件を適宜変更させてチタン含有層を成膜してもよい。或いは、ある膜の表面粗さや粒子の化学的状態、粒子径(特に $0.01\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下)などを制御させた状態でこの膜の上に、成膜条件を適宜変更させてチタン含有層を成膜してもよい。

【0019】

上記アスペクト比の測定は、例えは、以下のように求めるとよい。即ち、被覆層の断面を鏡面加工して、柱状構造を有するTiCNからなる膜の組織の粒界をエッティングする。そして、TiCNからなる膜の膜厚の $1/2$ にあたる箇所で、基材と水平方向にある各結晶の幅を粒径とし、各結晶の粒径を測定して平均値を求める(平均値は平均粒径となる)。膜厚を得られた平均粒径で割って、膜厚に対する平均粒径の割合を算出し、この算出値をアスペクト比とするとよい。

【0020】

上記TiCNからなる膜は、更に、結晶面が特定の結晶配向を有するものとする。具体的に

は、結晶の(220)面、(311)面、(422)面の各配向性指数(配向性強度係数)TC(220)、TC(311)、TC(422)のいずれかが配向性指数の最大値をとるものとする。配向性指数TCは、以下のように定義される。

【0021】

【数1】

$$TC(hk1) = \frac{I(hk1)}{I_0(hk1)} \left(\frac{1}{8} \sum I_0(hk1) \right)^{-1}$$

I(hk1): 測定された(hk1)面の回折強度

I₀(hk1): JCPDSファイルによる(hk1)面を構成する

当該金属の炭化物と当該金属の窒化物の粉末回折強度の平均値

(hk1):(111)、(200)、(220)、(311)、(331)、(420)、(422)、(511)の8面

【0022】

配向性指数(配向性強度係数)TC(220)、TC(311)、TC(422)のいずれかが最大値となるには、チタン含有層の成膜条件(成膜温度、成膜圧力、ガス組成、ガスの流速、ガスの流量など)を適宜変更させる方法が挙げられる。また、チタン含有層の直下又は下方にある基材の表面状態、又はチタン含有層の直下又は下層にある膜の表面状態を適宜変化させる方法も挙げられる。具体的には、例えば、基材の表面を表面粗さZ_{max}で0.05μm以上1.5μm以下に制御させた状態でこの基材上に、成膜条件を適宜変更させてチタン含有層を成膜してもよい。或いは、ある膜の表面粗さや粒子の化学的状態、粒子径などを制御させた状態でこの膜の上に、成膜条件を適宜変更させてチタン含有層を成膜してもよい。

【0023】

回折強度は、基材の断面において、基材の凹凸により反射などが生じないように基材がフラットな部分(平滑な部分)で測定することが好ましい。なお、周期律表IVa、Va、VIA族金属の炭窒化物において、X線の回折強度の同定は、JCPDSファイル(Powder Diffraction

File Published by JCPDS International Center for Diffraction Data)に記載がない。そのため、当該炭窒化物であるTiCNからなるチタン含有層の回折強度の同定は、当該金属であるチタン(Ti)の炭化物の回折データ、同窒化物の回折データ、及び実測したTiCNの炭窒化物の回折データを比較して、それぞれの面指数を推定し、その面指数の回折強度を測定することで得るとよい。

【0024】

《化合物層》

内層を複数の膜にて形成する場合、少なくとも一つの膜を上記チタン含有層とし、その他の膜としては、周期律表IVa、Va、VIA族金属、Al、Si、Bから選ばれる1種以上の第一元素と、B、C、N、Oから選ばれる1種以上の第二元素とからなる化合物層とすることが好ましい(但し、第一元素がBのみの場合、第二元素は、B以外とする)。即ち、内層は、上記チタン含有層と、上記化合物層にて構成することが好ましい。この化合物層は、上記チタン含有層と異なるものとする。即ち、チタン含有層と組成が異なる膜としてもよいし、化合物層をTiCN膜とする場合、組織又は配向性を異ならせねばよい。

【0025】

これらチタン含有層、化合物層はそれぞれ、单一の膜でもよいし、複数の膜にて形成してもよい。チタン含有層を複数の膜にて構成する場合、配向性が異なる膜とすることが挙げられる。化合物層を複数の膜にて構成する場合、各膜の組成や組織などを異ならせるとよい。また、化合物層を具える場合、チタン含有層、化合物層のいずれを基材側にしてもよい。即ち、基材側から順に、チタン含有層、化合物層、最外層としてもよいし、基材側から順に、化合物層、チタン含有層、最外層としてもよい。化合物層を最内層とする場合

、基材との密着性が高い窒化チタン(TiN)からなる膜とすることが好ましい。これらチタン含有層、化合物層は、熱CVD法、プラズマCVD法などのCVD法、アーク式イオンプレーティング法、マグнетロンスパッタ法などのPVD法のいずれで形成してもよい。公知の条件にて形成してもよい。

【0026】

上記最外層及び内層からなる被覆層全体の膜厚は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $24\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。被覆層全体の膜厚が $0.1\mu\text{m}$ 未満の場合、耐摩耗性が損なわれ易い。 $24\mu\text{m}$ 超の場合、被覆層が厚くなることで耐摩耗性の向上は実現できるが、耐剥離性や耐欠損性が損なわれ、チッピングが多発して安定した加工が困難になり易い。

【0027】

上記被覆層は、少なくとも基材表面の切削に関与する部位に被覆する。図1(A)は、エンドミルの概略を示す正面図、(B)はドリルの概略を示す正面図である。切削に関与する部位とは、刃部と支持部とからなる通常ボディと呼ばれる部分が挙げられる。具体的には、エンドミルの場合、図1(A)に示すように実際の切削にかかわる端面(底刃1)及び側面(外周刃2)といった刃部、切屑が接触する溝部3が挙げられる。ボディだけでなく、端面から溝部が形成されるボディ4から、駆動装置に装着されるシャンク5と呼ばれる部分に亘り被覆層を設けてもよい。ドリルの場合、切削に関与する部位として、実際の切削にかかわる先端部6の表面、切屑が接触する溝部(フルート部)7が挙げられる。ドリルの場合も、ボディ8だけでなく、先端部及び溝部が形成されているボディ8から、駆動装置に装着されるシャンク9に亘り被覆層を設けてもよい。被覆層を設けない部分は、膜形成時に、適宜マスキングしたり、一旦膜を形成した後、研磨などにより膜を取り除くとよい。

【0028】

また、切削に関与する部位の表面に上記最外層及び内層からなる被覆層を成膜後、従来と同様に切刃稜線部に研磨処理などの表面処理を施してももちろんよい。本発明エンドミル、ドリルは、このような表面処理によって被覆層の特性を著しく損なうことはない。

【0029】

(基材)

本発明において基材のうち、切削に関与する部位は、WC基超硬合金、サーメット、高速度鋼、及び立方晶型窒化硼素焼結体のいずれかから構成されるものを利用することが好ましい。WC基超硬合金、サーメットからなる基材を利用する場合、WC以外の硬質相が消失したいわゆる脱 β 相、硬質相が消失して結合相に富むバインダー富化層、結合相を低減させた表面硬化層といった表面改質層が基材のうち、切削に関与する部位の表面に存在しても本発明の効果は認められる。

【0030】

本発明は、刃部を支持体に着脱可能なスローアウェイタイプ(刃先交換タイプ)ではなく、刃部と支持部とが一体に焼結又は形成されたタイプ、いわゆるソリッドタイプ、或いは支持部に刃部をロウ付けするロウ付けタイプのエンドミル、ドリルを対象とする。ロウ付けタイプの場合、上記被覆層は、比較的成膜温度が低いPVD法にて形成することが好ましい。一方、ソリッドタイプの場合、上記被覆層の形成は、PVD法でもよいし、比較的成膜温度が高いCVD法でもよい。

【発明の効果】

【0031】

以上説明したように本発明表面被覆エンドミル、表面被覆ドリルによれば、潤滑性と耐摩耗性の双方に優れた被覆層を具えることで、ドライ加工や深穴あけ加工、高溶着性被削材の加工などといった切削条件の厳しい使用環境下であっても、優れた切削性能を有し、工具寿命をより延命化することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下、本発明の実施の形態を説明する。

【実施例1】

【0033】

以下、エンドミルを例にとって具体的に説明する。

(試験例1-1)

JIS Z20種相当の超硬合金製 $\phi 10\text{mm}$ ；2枚刃スクエア型エンドミル基材(ソリッドタイプエンドミル)を準備し、この基材のうち、切削に関与する部位(ボディ)の表面に化学的蒸着法である熱CVD法を用いて被覆層を形成した。本試験では、基材側から順に、内層として、TiN(0.5)、柱状組織TiCN(4)、TiBN(0.5)、 $\kappa\text{-Al}_2\text{O}_3$ (1)を形成し、最外層としてAlN(1.5)を形成した(括弧内の数値は膜厚である(単位 μm)。表1に各膜の成膜条件、具体的には反応ガスの組成(容量%)、成膜時の圧力(kPa)、成膜温度($^{\circ}\text{C}$)を示す。膜厚は、成膜時間により調整した。また、本試験においてTiCN膜は、アスペクト比が4.1の柱状組織を有し、配向性指数TCのうち(311)面が最大値となるように成膜させた(チタン含有層に該当)。具体的には、反応ガスにCH₃CNを用い、温度：900 $^{\circ}\text{C}$ 、圧力：8kPaとすると共に、TiCN膜の下層に形成したTiN膜の表面粗さが Z_{\max} で $0.1\mu\text{m}$ 程度となるようにTiN膜の成膜条件(ガス組成、圧力、温度)を定めた。そして、最外層を形成するAlN膜は、表1に示すように成膜条件を変化させることで、塩素含有量が異なる試料を作製した。表2に最外層の塩素含有量を示す。具体的には、最外層中に0超0.5原子%以下の塩素を含有するもの、同0.5原子%超の塩素を含有するもの、同塩素を含有しないものを作製した。塩素の含有量は、表1に示すように反応ガスのうち塩化水素(HCl)の比率を変化させることで変化させた。また、塩化水素の量により、適宜成膜時の圧力、成膜温度を変化させた。更に、最外層中に0超0.5原子%以下の塩素を含有する試料において、最外層の刃先稜線部分近傍で被削材と接触する箇所の面粗さを調べたところ、いずれも工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ $5\mu\text{m}$ に対して R_{\max} で $1.3\mu\text{m}$ 以下であった。具体的には、例えば、試料1-2では $0.6\mu\text{m}$ であった。塩素の含有量は、XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)にて測定したが、組成の確認は、透過電子顕微鏡に併設の微小領域EDX(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)分析や、SIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry)によってもできる。

【0034】

【表1】

被覆層	反応ガス組成 (容量%)	圧力 (kPa)	温度 (°C)
AlN ^{※1}	AlCl ₃ :1.0~5.0%、NH ₃ :0.1~5.0%、N ₂ :20~50%、HCl:0.01~1.0%、H ₂ :残	4.0~80	750~980
AlCN ^{※1}	AlCl ₃ :1.0~5.0%、NH ₃ :0.1~5.0%、N ₂ :20~50%、CH ₄ :0.5~5.0%、HCl:0.01~1.0%、H ₂ :残	4.0~80	750~980
AlON ^{※1}	AlCl ₃ :1.0~5.0%、NH ₃ :0.1~5.0%、N ₂ :20~50%、CO ₂ :0.2~3.0%、HCl:0.01~1.0%、H ₂ :残	4.0~80	750~980
AlN ^{※2}	AlCl ₃ :1.5%、NH ₃ :1.0%、N ₂ :40%、H ₂ :残	5.0	1000
AlN ^{※3}	AlCl ₃ :1.5%、NH ₃ :3.0%、N ₂ :40%、HCl:5.0%、H ₂ :残	13.3	950
AlON ^{※2}	AlCl ₃ :1.5%、NH ₃ :6.0%、N ₂ :40%、CO ₂ :1.0%、H ₂ :残	6.8	1100
TiN	TiCl ₄ :2.0%、N ₂ :25%、H ₂ :残	13.3	950
TiC	TiCl ₄ :2.0%、CN ₄ :5%、H ₂ :残	13.3	1050
粒状組織 TiCN	TiCl ₄ :4.0%、CH ₄ :4.0%、N ₂ :20%、H ₂ :残	14	1020
柱状組織 TiCN	TiCl ₄ :3.0%、CH ₃ CN:0.6%、N ₂ :20%、H ₂ :残	4.0~80	800~950
ZrCN	ZrCl ₄ :1.0%、CH ₃ CN:0.6%、N ₂ :35%、H ₂ :残	6.7	890
TiZrCN	TiCl ₄ :1.5%、ZrCl ₄ :1.0%、CH ₃ CN:1.0%、N ₂ :45%、H ₂ :残	6.7	975
TiCNO	TiCl ₄ :2.0%、CO ₂ :2.5%、N ₂ :8%、H ₂ :残	6.7	975
TiBN	TiCl ₄ :2.0%、BCl ₃ :5.0%、N ₂ :5.0%、H ₂ :残	13.3	950
HfCN	HfCl ₄ :1.0%、CH ₃ CN:1.2%、N ₂ :40%、H ₂ :残	6.7	1025
α Al ₂ O ₃	AlCl ₃ :2.0%、H ₂ S:0.3%、CO ₂ :5.0%、H ₂ :残	6.7	1050
κ Al ₂ O ₃	AlCl ₃ :2.0%、CO ₂ :5.0%、CO:0.5%、H ₂ :残	6.7	1000
ZrO ₂	ZrCl ₄ :2.0%、CO ₂ :7.0%、H ₂ :残	6.7	1050
Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	AlCl ₃ :1.5%、ZrCl ₄ :0.3%、CO ₂ :9.0%、H ₂ :残	13.3	1070

※1: 塩素含有量が0超0.5原子%以下のもの

※2: 塩素を含まないもの

※3: 塩素含有量が0.5原子%超のもの

【0035】

【表2】

試料No.	最外層	塩素含有量 原子%
1-1	AlN ^{※1}	0.03
1-2	AlN ^{※1}	0.18
1-3	AlN ^{※1}	0.48
1-4	AlN ^{※2}	0
1-5	AlN ^{※3}	0.98

【0036】

表2に示す最外層を有する表面被覆エンドミルを用いて、表3に示す切削条件にて切削性能を調べてみた。切削条件1では、一定加工長(150mm)での摩耗量を測定した。本試験では、外周刃における逃げ面摩耗量(μm)を測定した。切削条件2では、一定の穴加工($\phi 10\text{mm}$)を行い、穴加工時に加わったトルク値を測定すると共に、穴加工後に一定の溝加工(50mm)に移行した際の状況を調べてみた。試験の結果を表4に示す。

【0037】

【表3】

切削条件1	切削条件2
側面加工	10mm穴加工後、50mm溝加工
被削材：S50C	被削材：SKD11
速度： $V=300\text{m/min}$	速度： $V=80\text{m/min}$
1刃当たり送り： $f_t=0.1\text{mm}$	送り：穴加工 0.07mm/rev. , 溝加工 0.15mm/t (1刃当たり)
軸方向切込み： $Ad=8\text{mm}$	
半径方向切込み： $Rd=0.5\text{mm}$	
切削油：なし	切削油：なし
加工距離： 150m	

【0038】

【表4】

試料 No.	切削条件1	切削条件2
	逃げ面摩耗量 (外周刃 μm)	最大トルク値 (N・cm)
1-1	42	680
1-2	21	430
1-3	35	510
1-4	85	1110 (溝加工にて折損)
1-5	121 (チッピング発生)	1050 (溝加工にて折損)

【0039】

その結果、表4に示すように最外層として、0超0.5原子%以下の窒素を含む窒化アルミニウム膜を具え、特定の内層を具える試料1-1～1-3は、摩耗量が少なく、ドライ加工であっても、優れた潤滑性を発揮して、切削抵抗を下げることで耐摩耗性、耐欠損性を向上していることがわかる。また、これらの試料1-1～1-3は、潤滑性に優れた被覆層を具えることで、切屑の流出性が良好であり、その結果トルク値の上昇が抑えられて耐折損性が向上され、問題なく加工することができた。これに対し、試料1-4、1-5では、トルク値が増大し、溝加工に移る際、折損が生じた。更に、これらの試料1-1～1-3は、耐溶着性にも優れ、被覆層の剥離などが生じた。これらのことから、試料1-1～1-3は、工具寿命の延命化を実現できることがわかる。

【0040】

(試験例1-2)

試験例1で用いた超硬合金製エンドミル基材と同様のものを用意し、切削に関与する部位の表面に熱CVD法を用いて表1に示す成膜条件(ガス組成、圧力、温度)で被覆層を形成した。本試験では、基材側から順に、TiN(0.5)、柱状組織TiCN(4)又は粒状組織TiCN(4)、TiBN(0.5)、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ (1)とし、最外層としてAIN※1(1.5)(表2において試料1-3)を形成した(括弧内の数値は膜厚である(単位 μm)。膜厚は、成膜時間により調整した。また、本試験において柱状組織TiCN膜は、表1に示すように成膜時の圧力と成膜温度とを変化させると共に、TiCN膜の下層に形成したTiN膜の表面粗さやガス条件を変化させることで、アスペクト比、配向性指数の最大値をとる面を変化させた。具体的には、反応ガスに CH_3CN を用い、ガス温度920°C、圧力6kPaとし、反応ガスである CH_3CN を徐々に導入することで、TiCN膜のアスペクト比を3以上とした。また、基材の表面粗さを Z_{\max} で $0.09\mu\text{m}$ に制御すると共に、この基材の外側(基材から離れる側)にアスペクト比の制御を行なながらTiCN膜を成膜することで、TiCN膜の配向性指数の最大値TC(422)とした。更に、最外層の刃先稜線部分近傍で被削材と接触する箇所の面粗さが工具断面から観察する方法によって測定さ

れる基準長さ $5\mu\text{m}$ に対して R_{\max} で $0.4\mu\text{m}$ となるように、全ての試料において、最外層を形成後、最外層の表面に研磨処理を施した。表5にTiCN膜の組織形態、アスペクト比、配向性指数TCが最大値を示す面を示す。

【0041】

【表5】

試料 No.	内層 TiCN 膜			逃げ面摩耗量 (外周部 μm)
	組織形態	アスペクト比	TC の 最大値面	
2-1	柱状組織	5.3	311	72
2-2	柱状組織	6.8	422	64
2-3	柱状組織	3.3	220	85
2-4	柱状組織	2.4	220	140
2-5	柱状組織	3.8	420	182
2-6	粒状組織	—	311	255(欠け)

【0042】

表5に示すTiCN膜を内層に有する表面被覆エンドミルを用いて、以下に示す切削条件にて側面加工を行い、一定加工長(80m)での外周部の逃げ面摩耗量(μm)を測定した。試験の結果も表5に示す。

【0043】

エンドミル 側面加工

被削材：SKD11

速 度： $V=250\text{m/min}$

1刃当たり送り： $f_t=0.05\text{mm}$

軸方向切込み： $A_d=8\text{mm}$

半径方向切込み： $R_d=0.15\text{mm}$

切削油：なし

加工距離： 80m

【0044】

その結果、表5に示すように内層にアスペクト比3以上、配向性指数TC(311)、TC(220)、TC(422)のいずれかが最大値をとる柱状組織のTiCN膜を具える試料2-1～2-3は、ドライ加工であっても、耐摩耗性に優れていることがわかる。このように摩耗量が減少したのは、潤滑性に優れる最外層と耐摩耗性に優れる内層とを具えているためであると考えられる。

【0045】

(試験例1-3)

試験例1で用いた超硬合金製エンドミル基材と同様のものを用意し、切削に関与する部位の表面に熱CVD法を用いて表1に示す成膜条件(ガス組成、圧力、温度)で被覆層を形成した。本試験において、柱状組織TiCN膜は、アスペクト比が3以上、配向性指数TC(311)、TC(220)、TC(422)のいずれかが最大値をとるように成膜条件を制御した(チタン含有層に該当)。表6に被覆層の組成、膜厚、被覆層全体の膜厚(全膜厚)を示す。なお、表6において、基材に近い方から順に、第一膜、第二膜…としている。

【0046】

【表 6】

【0047】

表6に示す被覆層を有する表面被覆エンドミルを用いて、以下に示す切削条件にて側面加工を行い、一定加工長(100m)での摩耗量を測定した。本試験では、外周刃における逃げ面摩耗量(μm)を測定した。試験の結果も表6に示す。

【0048】

エンドミル 側面加工

被削材：SUS304

速 度： $V = 144\text{m/min}$

1刃当たり送り： $ft = 0.03\text{mm}$

軸方向切込み： $Ad = 8\text{mm}$

半径方向切込み： $Rd = 0.16\text{mm}$

切削油：なし

加工距離：100m

【0049】

その結果、表6に示すように特定量の塩素を含有する窒化系アルミニウム膜を最外層とし、アスペクト比3以上、配向性指数TC(311)、TC(220)、TC(422)のいずれかが最大値をとる柱状組織のTiCN膜を内層に具える試料3-1～3-12、3-16～3-19、3-21は、潤滑性に優れると共に、優れた耐摩耗性を有することがわかる。

【0050】

また、表6に示す結果から、最外層は、 $0.03\mu\text{m}$ 以上、全体膜厚は $0.1\mu\text{m}$ 以上 $24\mu\text{m}$ 以下が好ましいことがわかる。更に、最外層は、内層の合計厚みの $1/2$ 以下が好ましいことがわかる。

【0051】

上記試料3-1～3-21の全てのエンドミルを切断し、最外層において、外周刃の刃先稜線部近傍で被削材と接触する箇所の面粗さを基準長さ $5\mu\text{m}$ で測定した結果、試料3-21を除くすべてのエンドミルが R_{max} で $1.3\mu\text{m}$ 以下となっていたが、試料3-21は R_{max} で $1.6\mu\text{m}$ であった。そこで、試料3-21の最外層において外周刃の刃先稜線部近傍で被削材と接触する箇所を#1500のダイヤモンドペーストで研磨して、同様の方法で研磨後の面粗さを測定したところ、 R_{max} で $0.61\mu\text{m}$ となっていた。この研磨したエンドミルを用いて同じ切削条件で側面加工を行った結果、逃げ面摩耗量は $48\mu\text{m}$ となった。これは、刃先稜線部近傍において被削材と接触する箇所の凹凸が減り、切削抵抗が下がったためであると考えられる。

【0052】

(試験例1-4)

基材を下記に変えて、表6の試料3-2、3-13と同様の組成の被覆層を公知のPVD法にて形成した後、イオン注入法を用いて塩素を最外層に含有させた表面被覆エンドミルを作製し、試験例1-3と同様の切削条件で側面加工を実施した。いずれも被覆層は、切削に関与する部位に形成した。また、試料3-2の被覆層を形成した試料にはいずれも、最外層の塩素の含有量を0.2原子%とした。

- 1 JIS Z20種相当の超硬合金製のロウ付けエンドミル基材(刃部が超硬合金製)
- 2 JIS規格：P20サーメット製 $\phi 10\text{mm}$ ；2枚刃スクエア型エンドミル基材
- 3 立方晶型窒化硼素製(住友電工ハードメタル(株)製 BN300)のロウ付けボールミル基材(刃部が立方晶型窒化硼素製)

その結果、試料3-2の被覆層を形成した表面被覆エンドミルはいずれも、潤滑性に優れると共に、耐摩耗性に優れ、従来品である試料3-13の被覆層を具えるエンドミルと比較して、2倍以上の工具寿命が得られたことが確認できた。

【実施例2】

【0053】

以下、ドリルを例にとって具体的に説明する。

(試験例2-1)

JIS K10種相当の超硬合金製 $\phi 8\text{mm}$ ；ソリッドドリル基材を準備し、この基材のうち、

切削に関する部位(ボディ)の表面に化学的蒸着法である熱CVD法を用いて表1に示す成膜条件により被覆層を形成した。本試験では、基材側から順に、内層として、TiN(0.5)、柱状組織TiCN(4)、TiBN(0.5)、 κ -Al₂O₃(1)を形成し、最外層としてAlN(1.5)を形成した(括弧内の数値は膜厚である(単位 μm)。膜厚は、成膜時間により調整した。また、本試験においてTiCN膜は、アスペクト比が4.2の柱状組織を有し、配向性指数TCのうち(311)面が最大値となるように成膜させた(チタン含有層に該当)。具体的には、反応ガスにCH₃CNを用い、温度:900°C、圧力:8kPaと共に、TiCN膜の下層に形成したTiN膜の表面粗さがZ_{max}で0.1 μm 程度となるようにTiN膜の成膜条件(ガス組成、圧力、温度)を定めた。そして、最外層を形成するAlN膜は、表1に示すように成膜条件を変化させることで、塩素含有量が異なる試料を作製した。表7に最外層の塩素含有量を示す。具体的には、最外層中に0超0.5原子%以下の塩素を含有するもの、同0.5原子%超の塩素を含有するもの、同塩素を含有しないものを作製した。塩素の含有量は、表1に示すように反応ガスのうち塩化水素(HCl)の比率を変化させることで変化させた。また、塩化水素の量により、適宜成膜時の圧力、成膜温度を変化させた。更に、最外層中に0超0.5原子%以下の塩素を含有する試料において、最外層の刃先稜線部分近傍で被削材と接触する箇所の面粗さを調べたところ、いずれも工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ5 μm に対してR_{max}で1.3 μm 以下であった。具体的には、例えば、試料4-2では0.6 μm であった。塩素の含有量は、XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)にて測定した。

【0054】

【表7】

試料No.	最外層	塩素含有量 原子%
4-1	AlN ^{※1}	0.03
4-2	AlN ^{※1}	0.18
4-3	AlN ^{※1}	0.48
4-4	AlN ^{※2}	0
4-5	AlN ^{※3}	0.98

【0055】

表7に示す最外層を有する表面被覆ドリルを用いて、表8に示す切削条件にて切削性能を調べてみた。切削条件3では、工具折損までの加工穴数を調べた。切削条件4では、穴の真円度を調べた。試験の結果を表9に示す。

【0056】

【表8】

切削条件3	切削条件4
ドリル穴あけ加工(貫通穴) 被削材:SCM440 速度:V=70m/min 送り:f=0.3 mm/rev. 穴深さ:40mm(L/D=5) 切削油:なし(外部エアプロ)	ドリル穴あけ加工(止まり穴) 被削材:NAK80 速度:V=70m/min 送り:f=0.25mm/rev. 穴深さ:40mm(L/D=5) 切削油:水溶性

【0057】

【表9】

試料 No.	切削条件3	切削条件4
	折損までの 穴あけ個数	穴入り口の 真円度(μm)
4-1	500以上 (折損せず)	3.8
4-2	500以上 (折損せず)	1.9
4-3	500以上 (折損せず)	3.1
4-4	312	15.3
4-5	250	12.1

【0058】

その結果、表9に示すように最外層として、0超0.5原子%以下の塩素を含む窒化アルミニウム膜を具え、特定の内層を具える試料4-1～4-3は、切屑の流出性に優れると共に、切れ刃の損傷が小さく切れ味が長期に亘り維持されるため、折損に至るまでの加工数が大幅に延長されていた。このことから、工具寿命が延長されていることがわかる。また、これらの試料4-1～4-3は、加工穴の真円度も高く、高精度な加工が可能であることがわかる。更に、これらの試料4-1～4-3は、耐溶着性にも優れ、被覆層の剥離などが生じなかった。

【0059】

(試験例2-2)

試験例2-1で用いた超硬合金製ドリル基材と同様のものを用意し、切削に関する部位の表面に熱CVD法を用いて表1に示す成膜条件(ガス組成、圧力、温度)で被覆層を形成した。本試験では、基材側から順に、TiN(0.5)、柱状組織TiCN(4)又は粒状組織TiCN(4)、TiBN(0.5)、Al₂O₃-ZrO₂(1)とし、最外層としてAlN※¹(1.5)(表2において試料1-3と同様)を形成した(括弧内の数値は膜厚である(単位μm))。膜厚は、成膜時間により調整した。また、本試験において柱状組織TiCN膜は、表1に示すように成膜時の圧力と成膜温度とを変化させると共に、TiCN膜の下層に形成したTiN膜の表面粗さやガス条件を変化させることで、アスペクト比、配向性指数の最大値をとる面を変化させた。具体的には、反応ガスにCH₃CNを用い、ガス温度920℃、圧力6kPaとし、反応ガスであるCH₃CNを徐々に導入することで、TiCN膜のアスペクト比を3以上とした。また、基材の表面粗さをR_{max}で0.09μmに制御すると共に、この基材の外側(基材から離れる側)にアスペクト比の制御を行いながらTiCN膜を成膜することで、TiCN膜の配向性指数の最大値TC(422)とした。更に、最外層の刃先稜線部分近傍で被削材と接触する箇所の面粗さが工具断面から観察する方法によって測定される基準長さ5μmに対してR_{max}で0.4μmとなるように、全ての試料において、最外層を形成後、最外層の表面に研磨処理を施した。表10にTiCN膜の組織形態、アスペクト比、配向性指数TCが最大値を示す面を示す。

【0060】

【表10】

試料 No.	内層 TiCN 膜			寿命までの 加工穴数
	組織形態	アスペクト比	TCの 最大値面	
5-1	柱状組織	5.1	311	800
5-2	柱状組織	7.0	422	920
5-3	柱状組織	3.2	220	900
5-4	柱状組織	2.1	220	250
5-5	柱状組織	4.0	420	210
5-6	粒状組織	—	311	330

【0061】

表10に示すTiCN膜を内層に有する表面被覆ドリルを用いて、以下に示す切削条件にて穴あけ加工を行い、工具寿命となるまでの加工穴数を測定した。工具寿命は、先端部の切刃の逃げ面摩耗量が $0.3\mu\text{m}$ になったとき、又は折損などによりそれ以上加工ができなくなつたときとした。試験の結果も表10に示す。

【0062】

ドリル 穴あけ加工(貫通穴)
被削材：被削材：S50C
速度： $V=80\text{m/min}$
送り： $f=0.2\text{mm/rev.}$
穴深さ： $40\text{mm}(L/D=5)$
切削油：ミスト(水溶性切削液)

【0063】

その結果、表10に示すように内層にアスペクト比3以上、配向性指数TC(311)、TC(220)、TC(422)のいずれかが最大値をとる柱状組織のTiCN膜を具える試料5-1～5-3は、耐摩耗性、耐折損性に優れており、工具寿命が長くなっていることがわかる。このように工具寿命が長くなったのは、潤滑性に優れる最外層と耐摩耗性に優れる内層とを具えているためであると考えられる。

【0064】

(試験例2-3)

試験例2-1で用いた超硬合金製ドリル基材と同様のものを用意し、切削に関与する部位の表面に熱CVD法を用いて表1に示す成膜条件(ガス組成、圧力、温度)で表6に示す被覆層と同様に形成した。本試験も試験例1-3と同様に、柱状組織TiCN膜は、アスペクト比が3以上、配向性指数TC(311)、TC(220)、TC(422)のいずれかが最大値をとるように成膜条件を制御した(チタン含有層に該当)。

【0065】

表6に示す被覆層を有する表面被覆ドリルを用いて、以下に示す切削条件にて穴あけ加工を行い、工具寿命となるまでの加工穴数を測定した。工具寿命は、先端部の切刃の逃げ面摩耗量が $0.3\mu\text{m}$ になったとき、又は折損などによりそれ以上加工ができなくなつたときとした。試験の結果を表11に示す。

【0066】

ドリル 穴あけ加工(止まり穴)
被削材：S50C
速度： $V=120\text{m/min}$
送り： $f=0.2\text{mm/rev.}$
穴深さ： $24\text{mm}(L/D=3)$
切削油：エアブロー

【0067】

【表1-1】

試料No.	膜構造	寿命までの加工穴数	試料No.	膜構造	寿命までの加工穴数
6-1	3-1	4000	6-13	3-13	820
6-2	3-2	4500	6-14	3-14	600
6-3	3-3	5000	6-15	3-15	800
6-4	3-4	4500	6-16	3-16	1050
6-5	3-5	5500	6-17	3-17	1420
6-6	3-6	4500	6-18	3-18	1330
6-7	3-7	3500	6-19	3-19	1200
6-8	3-8	4000	6-20	3-20	510
6-9	3-9	4000	6-21	3-21	1010
6-10	3-10	5500	△		
6-11	3-11	4000	△		
6-12	3-12	4500	△		

【0068】

その結果、表1-1に示すように特定量の塩素を含有する窒化系アルミニウム膜を最外層とし、アスペクト比3以上、配向性指数TC(311)、TC(220)、TC(422)のいずれかが最大値をとる柱状組織のTiCN膜を内層に具える試料6-1～6-12、6-16～6-19、6-21は、従来品に該当する試料6-13～6-15、6-20と比較して潤滑性に優れると共に、優れた耐摩耗性を有することがわかる。

【0069】

また、表1-1に示す結果から、最外層は、0.03μm以上、全体膜厚は0.1μm以上24μm以下が好ましいことがわかる。更に、最外層は、内層の合計厚みの1/2以下が好ましいことがわかる。

【0070】

上記試料6-1～6-21の全てのドリルを切断し、最外層において、外周刃の刃先稜線部近傍で被削材と接触する箇所の面粗さを基準長さ5μmで測定した結果、試料6-21を除くすべてのドリルがR_{max}で1.3μm以下となっていたが、試料6-21はR_{max}で2.0μmであった。そこで、試料6-21について、試料3-21と同様に、最外層において外周刃の刃先稜線部近傍で被削材と接触する箇所を#1500のダイヤモンドペーストで研磨して、上記と同様の方法で研磨後の面粗さを測定したところ、R_{max}で0.52μmとなっていた。この研磨したドリルを用いて同じ切削条件で穴あけ加工を行った結果、加工数は4000となった。これは、刃先稜線部近傍において被削材と接触する箇所の凹凸が減り、切削抵抗が下がったためであると考えられる。

【0071】

上記試験では、ドライ加工にて行ったが、試料6-1～6-21と同様のドリルを用意し、切削条件のうち、穴深さを40mm(L/D=5)、切削油：エアブローをウェット加工、ミスト加工に変えて穴あけ加工を行い、上記と同様に加工穴数を測定してみた。その結果、特定量の塩素を含有する窒化系アルミニウム膜を最外層とし、アスペクト比3以上、配向性指数TC(311)、TC(220)、TC(422)のいずれかが最大値をとる柱状組織のTiCN膜を内層に具える試料は、潤滑性及び耐摩耗性に優れ、長寿命であった。

【0072】

(試験例2-4)

基材を下記に変えて、表6の試料3-2、3-13と同様の組成の被覆層を公知のPVD法にて形成した後、イオン注入法を用いて塩素を最外層に含有させた表面被覆ドリルを作製し、試験例2-3と同様の切削条件(ドライ加工)で穴あけ加工(止まり穴)を実施した。いずれも被覆層は、切削に関与する部位に形成した。また、試料3-2の被覆層を形成した試料には、最外層の塩素の含有量を0.2原子%とした。

その結果、試料3-2の被覆層を具える表面被覆ドリルは、潤滑性に優れると共に、耐摩耗性に優れ、従来品である試料3-13の被覆層を具えるドリルと比較して、3倍以上の工具寿命が得られたことが確認できた。

【産業上の利用可能性】

【0073】

本発明表面被覆エンドミル、表面被覆ドリルは、特に、ドライ加工、深穴あけ加工、高溶着性材料の側面加工などといった刃先温度が高温となるような切削条件、溶着が発生し易い条件などで鋼材などの切削に適する。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】(A)は、エンドミルの概略を示す正面図、(B)はドリルの概略を示す正面図である。

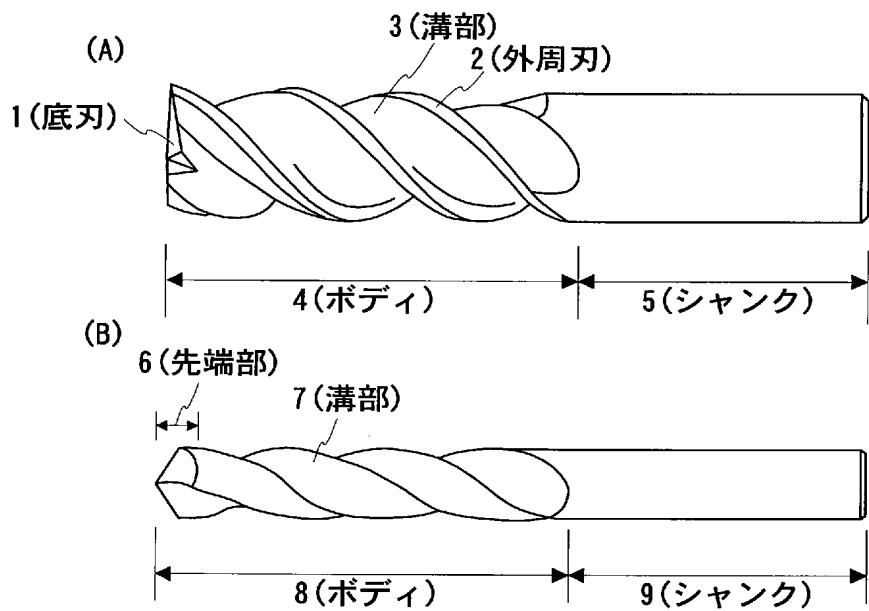
【符号の説明】

【0075】

1 底刃 2 外周刃 3, 7 溝部 4, 8 ボディ 5, 9 シャンク 6 先端部

【書類名】図面

【図 1】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 ドライ加工、深穴あけ加工などといった使用環境下であっても、優れた潤滑性と耐摩耗性とを有して使用寿命が長い表面被覆エンドミル、表面被覆ドリルを提供する。

【解決手段】 基材表面に最外層と内層とからなる被覆層を具える表面被覆エンドミル、表面被覆ドリルである。内層は、アスペクト比3以上の柱状組織を有し、結晶の(220)面、(311)面、(422)面の各配向性指数TC(220)、TC(311)、TC(422)のいずれかが配向性指数の最大値をとるTiCNからなるチタン含有層をえる。最外層は、窒化アルミニウム、炭窒化アルミニウムから選ばれる1種以上からなり、最外層中に塩素を0超0.5原子%以下含有する。

【選択図】 なし

出願人履歴

5 0 3 2 1 2 6 5 2

20030611

新規登録

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号

住友電工ハードメタル株式会社